第43卷 增刊
2000年5月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol.43, Suppl.
May, 2000

文章编号：0454-6296（2000）增刊-0114-05

棉铃虫成虫对高浓度性信息素的行为反应

范伟民，盛承发
（中国科学院动物研究所，北京 100080）

摘要：室内行为实验表明，在高浓度性信息素环境中棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）雌蛾更加活跃、觅偶行为更加积极主动、求偶时间显著延长，而雄蛾主动求偶时间显著缩短、静止时间显著延长。高浓度性信息素并未引起成虫在取食活动和产卵行为的明显改变，也未能有效阻断其交配行为，而是推迟了它们的交配日期、夜间初始交配时间，缩短了交配蛾的交配持续时间。因此，高浓度性信息素主要影响其交配质量，而不是交配率。

关键词：性信息素；棉铃虫；夜间行为
中图分类号：Q968　　　　**文献标识码**：A

棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）是世界性大害虫，在世界各主要产棉区都曾造成过巨大经济损失[1]。传统上对其防治主要还是依赖化学农药，但随着农业持续性发展，化学防治的副作用越来越突出，急待寻找新的替代途径。利用性信息素防治棉铃虫是近年迅速发展起来的一项新技术，并因其使用简便、成本低、专一性强、灵敏度高、无污染等优点受到普遍关注，我国每年棉田推广应用面积都在10万公顷以上。尽管如此，目前关于性信息素对棉铃虫的作用机理研究还非常薄弱，对实际应用中出现的许多现象尚不能做出令人满意的解释[2]，对应用合成性信息素防治棉铃虫的效果评价也各有标准[3~5]，亟待进行深入细致的基础研究。

我们通过室内实验，对棉铃虫在高浓度性信息素环境中的夜间行为反应作了详细的观测，包括活动时间、觅偶、求偶、取食、产卵等行为上的变化，分析了高浓度性信息素对棉铃虫交配成功率、交配初始时间和交配持续时间的影响。

1 材料和方法

新羽化棉铃虫成虫按一雌一雄配对后，分别饲养于透明的塑料观测盒内。盒高30 cm，直径15 cm，盒顶设有通风孔，盒底中央钻有一直径5 mm的小孔，直通盒底下面盛有清水的玻璃培养皿（用以保持盒内湿度），盒中央悬挂2条宽1.5 cm，长15 cm的纱布条（供棉铃虫产卵和歇息）。盒内每日暗周期前供给一次新鲜的10%蜂蜜水作为实验用蛾的食物。

基金项目：中国科学院“九五”特别支持项目（K295T-07）
收稿日期：1999-10-11；修订日期：2000-02-18

行为实验室内温度保持在25℃左右，光周期为L:D=15:9。在性信息素处理观测盒内从高到低，均匀地悬挂4只橡胶诱芯，每只含2 mg性信息素。对照观测盒内相应位置悬挂的是4只不含性信息素的诱芯。对照观测盒距处理观测盒3 m以上，中间放置一台功率70W的电风扇向窗外排风，以去除来自处理观测盒扩散出的性信息素干扰。每日自暗周期开始借助于红色微型手电筒进行观测，每隔5 min记录一次棉铃虫的行为状态，直至暗周期结束。连续记录7天，重复15次。

将棉铃虫的夜间行为分成7种状态，即静止、飞行、爬行、取食、求偶、交配和产卵。它们的具体特征为：

静止——蛾静伏不动，双翅收拢呈屋脊状。

飞行——蛾快速振翅前进或处于空中飞行状态。

爬行——蛾在观测盒壁或悬挂的纱布上爬行但无快速振翅行为。

取食——蛾伸直喙管，正在取食蜂蜜的状态。

求偶——蛾停伏某处，雌蛾腹部末端伸出，双翅完全展开并伴随有快速振翅行为；雄蛾专指振翅行为，有时伴随抱握器张开。

交配——雌、雄蛾腹部末端相接，正处于交配状态。

产卵——雌蛾在纱布或观测盒壁上边爬行边弯曲腹部产卵的状态。

在数据统计时，棉铃虫夜间各行为状态占有时间为累计时间，即每夜时间为当夜该行为平均被记录次数乘以5 min。显著性分析为 t 检验。

2　结果和分析

2.1　高浓度性信息素对棉铃虫夜间活动的影响

在高浓度性信息素作用下，棉铃虫成虫夜间行为变化的统计结果如图1所示。从静止时间看，棉铃虫雌、雄蛾对性信息素作用的反应有所不同，处理组雌蛾似乎表现得更加活跃，夜间平均静止时间显著少于对照组（$P<0.01$），对照组雌蛾的平均静止时间为292.5 min，而处理组为273.2 min，缩短了6.6%。相反，处理组雄蛾比对照组要安静得多，平均静止时间为358.2 min，较对照组333.5 min，延长了7.4%，并达到显著水平($P<0.01$)。

2.2　高浓度性信息素对棉铃虫觅偶行为的影响

在高浓度性信息素作用下，棉铃虫的觅偶行为，即飞行和爬行总的时间没有显著变化(图1)。对照组雌蛾飞行和爬行总的时间为19.8 min，处理组为24.4 min，差异未达到显著水平（$P>0.05$)。雄蛾也是如此，对照组用于飞行和爬行的总时间为58.1 min，处理组为55.8 min,差异不显著（$P>0.05$)。但当飞行和爬行时间分开考虑时，雌、雄蛾皆表现出飞行时间延长而爬行时间缩短的现象，其中雌蛾的飞行时间比对照增加了62.8%，差异极显著($P<0.01$)。

2.3　高浓度性信息素对棉铃虫求偶行为的影响

高浓度性信息素对棉铃虫求偶行为的影响较大（图1)。处理组棉铃虫雌蛾的求偶时间为207.3 min，比对照组增加了12.2%，差异显著（$P<0.01$)。雄蛾的反应与雌蛾相反，处理组的求偶时间仅有101.4 min，比对照组缩短了13.1%，差异也达显著水平（$P<0.01$)。

2.4 高浓度性信息素对棉铃虫取食、产卵活动的影响

高浓度的性信息素环境对棉铃虫的取食活动没有明显影响（图1）。虽然处理组雌蛾的取食时间长于对照组0.8 min，但差异并不显著（$P>0.05$）。同样，处理组雄蛾的取食时间也仅长于对照组2.5 min，未达到显著水平（$P>0.05$）。

性信息素对棉铃虫雌蛾的产卵行为影响最小（图1）。处理组平均产卵时间为10.2 min，而对照组也有9.4 min，两者的差异远未达显著水平（$P>0.05$）。

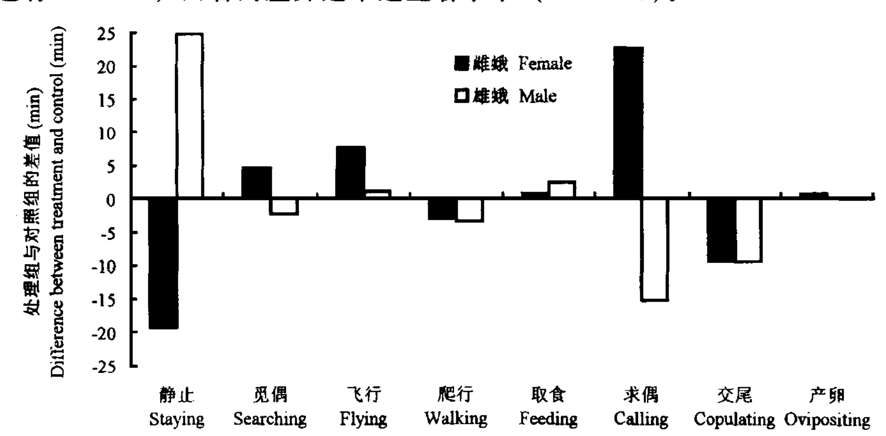


图1 高浓度性信息素环境中棉铃虫成虫夜间行为的变化

Fig. 1 Changes in behavioral activities of *H. armigera* moths in scotophase under condition of high sex pheromone concentration

2.5 高浓度性信息素对棉铃虫交配持续时间的影响

图1结果显示，由于高浓度性信息素的影响，棉铃虫平均交尾时间缩短了36.9%，从对照组的平均25.5 min减少为处理组的16.1 min，这一差异达到了显著水平（$P<0.01$）。

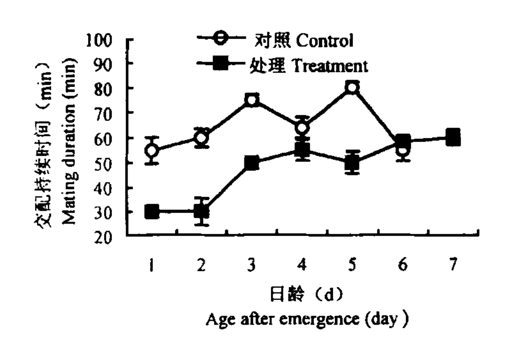


图2 高浓度性信息素对成虫逐日交配持续时间的影响

Fig. 2 Daily changes in mating duration of *H. armigera* under high sex pheromone concentration

图中数据为平均数±标准误，图3，图4同

The data in the figure are mean ± *SE*, the same for Fig. 3 and Fig. 4

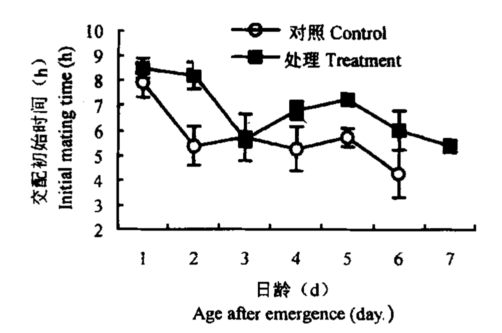


图3 高浓度性信息素对成虫逐日交配初始时间的影响

Fig. 3 Daily changes in initial mating time of *H. armigera* under high sex pheromone concentration

对成功交配的雌蛾单独统计时发现，棉铃虫的交配持续时间有随日龄逐渐增加的趋势(图2)。对照组棉铃虫的平均交配历时达64.8 min，而处理组棉铃虫的交配历时只有47.6 min，缩短了26.5%，差异显著（$P<0.01$）。

2.6　高浓度性信息素对棉铃虫初始交配时间的影响

在高浓度性信息素作用下，棉铃虫在夜间的初始交配时间比对照组明显推迟（$P<0.05$），几乎所有观测日中，性信息素处理组雌蛾的交配开始时间都晚于对照组（图3）。对照组棉铃虫前6天的平均初始交配时间是在进入暗周期后344 min，而处理组大部分开始交配是在进入暗周期425 min之后，即初始交配时间向后推迟了大约81 min。

2.7 高浓度性信息素对棉铃虫交配成功率的影响

从棉铃虫交配成功率看，处理组雌蛾的平均交配率为32.0%，与对照组平均交配率(36.2%）无显著差异（$P>0.05$）。

但从图4可明显看出，前4天中对照组的交配率均高于处理组并于第4天达到高峰，第5天时两组的交配率非常接近，都在40%左右，第6天开始处理组的交配率反而超过对照组许多并达到高峰，至第7天时，对照组中已无一交配者，而处理组中仍有25%的棉铃虫得到了有效交配。由此可见，实验中的高浓度性信息素只是延迟而非有效阻断了棉铃虫的交配行为。

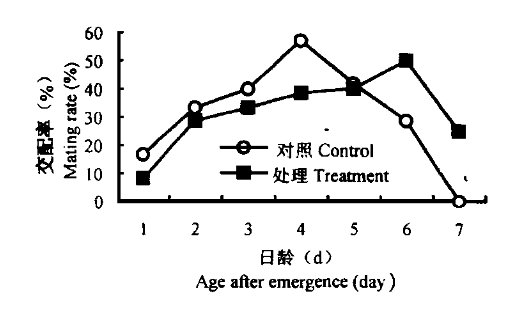


图4　高浓度性信息素对成虫逐日交配率的影响

Fig. 4　Daily changes in mating rate of *H. armigera* under high sex pheromone concentration

3　讨论

在高浓度性信息素环境中，棉铃虫雌、雄蛾的行为反应有很大差异。棉铃虫雌蛾表现得更加活跃，这与许多其它鳞翅目昆虫，如云杉卷叶蛾 *Choristoneura fumiferana*[6]，粉纹夜蛾 *Trichoplusia ni*[7]等对性信息素的反应相类似。棉铃虫雌蛾通过缩短交配和静止休息而节省下来的时间，大部分用于求偶活动，使求偶的总时间增加了12.2%，同时棉铃虫雌蛾用于爬行的时间明显减少而飞行时间显著增加，因此可以推测，外源高浓度的性信息素环境对棉铃虫雌蛾形成了很大压力，促使其在寻找配偶方面表现得更加积极主动。雄蛾的情况正好相反，这可能是由于弥散四周的性信息素使其无所适从，需要花费更多的时间进行定向和判别真伪，也可能是处在高浓度性信息素下的雄蛾等待雌蛾主动前来等。不管怎样，棉铃虫雄蛾从减少求偶活动和缩短交配历期而节省出的时间几乎都花费在了从表面看似休息的静止状态中，当然从总体上看，棉铃虫雄蛾的觅偶时间也远远超过雌蛾（本实验中为55.8:24.4)，在两性交往中雄蛾仍居主动地位。

本文报道的实验结果还表明，在高浓度性信息素作用下，棉铃虫的许多与交配有关的行为都发生了显著的变化，有些变化与人们的主观想象还相去甚远。首先，实验中高浓度的性信息素并不能显著阻断棉铃虫的成功交配，而是推迟了其交配日期和夜间初始交配时间。从

交配率动态曲线看，性信息素迫使棉铃虫的交配高峰日向后推迟了 2 天，而平均交配率却无显著差异。即使在同一暗周期内，高浓度的性信息素也使棉铃虫的初始交配时间向后推迟，或者说棉铃虫的相互选择和适应时间增加，从而相对减少了棉铃虫从事其它活动的有效时间。其次，棉铃虫成功交配后，性信息素环境仍然能对交配蛾产生一定影响，主要表现为它们用于有效交配的时间比对照明显缩短。由此看来，高浓度性信息素对棉铃虫交配行为的作用除表现在对其交配数量的影响外，更重要的还是表现在对其交配质量的影响上。如果这样，如何使用交配率的指标来正确评价性信息素在害虫防治中的作用应予重新考虑。

性信息素对棉铃虫交配行为的影响是多方面的，我们现在确切了解的还不很多，本文只是在这方面的初步探索，有待进行更深入细致的生理和行为方面的研究。

参 考 文 献 (References)

[1] 盛承发. 棉铃虫灾害的现状、起因、发展趋势及对策. 中国减灾，1992，2 (3)：2，7～11

[2] 范伟民，苏建伟，王红托等. 棉铃虫性信息素大面积诱杀技术研究与应用. 化学生态学，1998，2：47～52

[3] 王登甲，赵延义等. 性信息素与农药组配防治棉铃虫试验. 山东农业科学，1994，2：38～39

[4] 李建勋，潘启明，张林水等. 应用棉铃虫诱芯防治棉铃虫研究. 中国棉花，1996，23 (8)：20～21

[5] 王书魁，毕章宝，杨俊杰等. 应用性信息素对二代棉铃虫的防治效果. 中国棉花，1996，23 (11)：17～18

[6] Sanders C J. Flight and copulation of female spruce budworm in pheromone-permeated air. J. Chem. Ecol., 1987, 13: 1 749～1 758

[7] Birch M C. Responses of both sexes of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidea) to virgin females and to synthetic pheromone. Ecol. Entomol., 1977, 2: 99～104

Behavioral responses of *Helicoverpa armigera* moth to high sex pheromone concentration

FAN Wei-min, SHENG Cheng-fa

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract: Behavioral changes of the cotton bollworm moth, *Helicoverpa armigera* (Hübner), caused by high concentration of sex pheromone were observed. The results showed that the female moths behaved more actively in response to the sex pheromone concentration tested. Their average staying time and copulation duration were shortened and more time was spent on calling. On the contrary, the male moths significantly cut down their calling time and spent more time on staying. There were no significant changes in feeding and oviposition behaviors. When their mating rates were taken into account, there was no significant difference between the treatment and the control. However, mating peak and initial copulation time of the females in the treated group were greatly delayed. It is suggested that copulation quality, rather than mating percentage, was influenced in this insect species under condition of high sex pheromone concentration.

Key words: cotton bollworm; sex pheromone; behavioral response